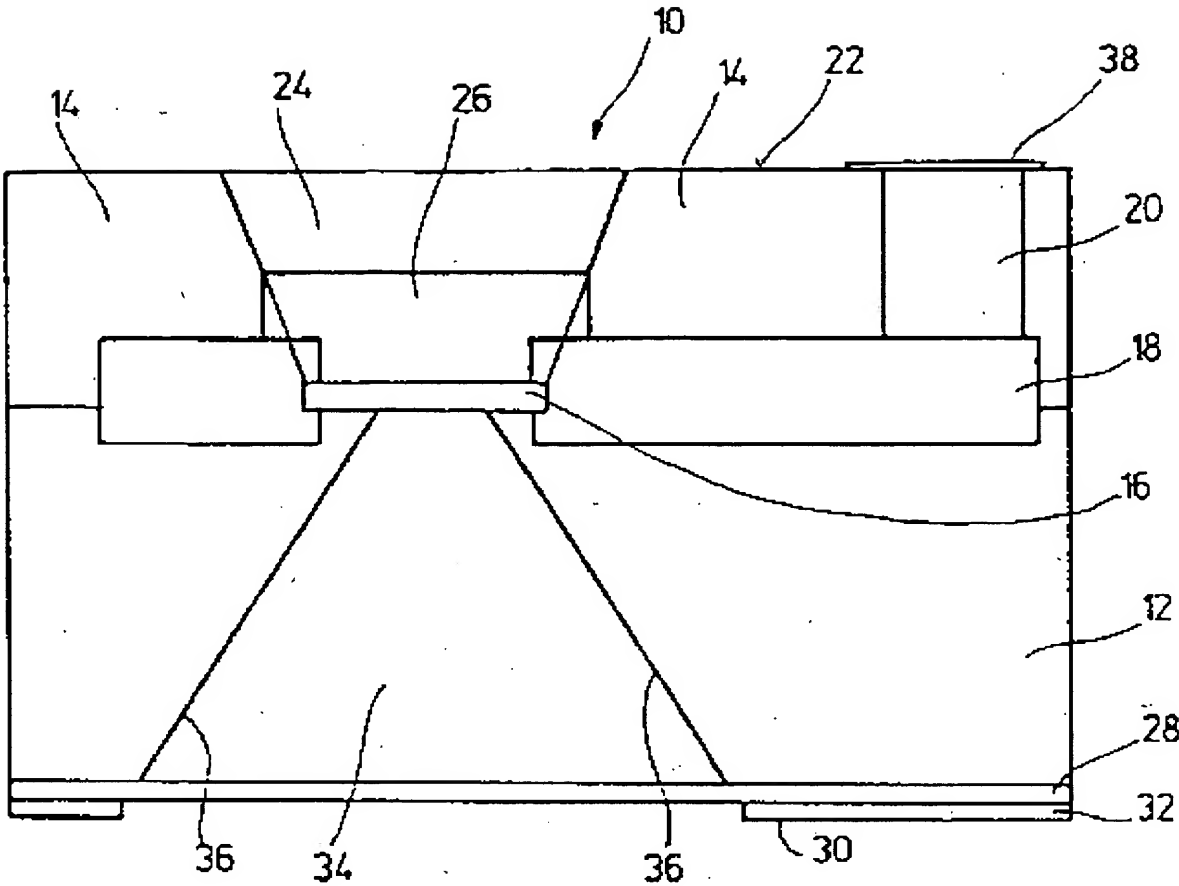


AN: PAT 1996-443776  
TI: Structure esp. micro-dosing system prodn. by integrating functional parts esp. in silicon wafer, pref. by IC mfr. technology  
PN: **DE19511198-A1**  
PD: 02.10.1996  
AB: In the prodn. of structures, esp. functional parts of a micro-dosing system having one or more micro-pumps, micro-valves, micro-flowmeters and/or fluid channels in a substrate, the novelty is that the functional parts are structured as integrated elements in the substrate, esp. a silicon wafer (10). ; The micro-dosing system and its drive ICs are produced by the same technology, thus avoiding expensive and complicated micro-mechanical process steps and allowing prodn. of an extremely compact complete system.  
PA: (BOSC ) BOSCH GMBH ROBERT;  
IN: BANTIEN F; BAUMANN H; FINDLER G; LAERMER F; OFFENBERG M; SCHILP A; TRAH H;  
FA: **DE19511198-A1** 02.10.1996;  
CO: DE;  
IC: F04B-043/04; F16K-013/00; G01F-013/00; H01L-021/58; H01L-049/00;  
MC: J04-X; L04-F03; S02-C04X; U12-B03F;  
DC: J04; L03; Q56; Q66; S02; U12;  
FN: 1996443776.gif  
PR: DE10111198 27.03.1995;  
FP: 02.10.1996  
UP: 04.11.1996

**BEST AVAILABLE COPY**

**This Page Blank (uspto)**



**This Page Blank (uspto)**



⑮ **BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND**



**DEUTSCHES  
PATENTAMT**

⑫ **Offenlegungsschrift**  
⑩ **DE 195 11 198 A 1**

⑤① Int. Cl.<sup>5</sup>:  
**H 01 L 49/00**  
H 01 L 21/58  
G 01 F 13/00  
F 16 K 13/00  
F 04 B 43/04

②① Aktenzeichen: 195 11 198.2  
②② Anmeldetag: 27. 3. 95  
②③ Offenlegungstag: 2. 10. 98

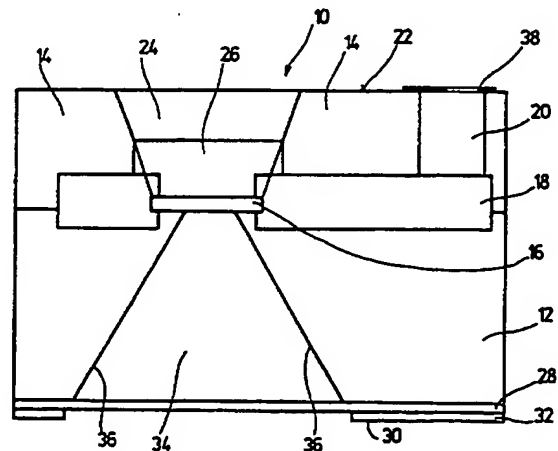
**DE 195 11 198 A 1**

⑦① Anmelder:  
Robert Bosch GmbH, 70469 Stuttgart, DE

⑦② Erfinder:  
Bantien, Frank, Dipl.-Phys. Dr., 71254 Ditzingen, DE;  
Findler, Guenther, Dipl.-Ing., 72124 Pliezhausen, DE;  
Trah, Hans-Peter, Dipl.-Min. Dr., 72760 Reutlingen,  
DE; Baumann, Helmut, Dipl.-Phys. Dr., 72810  
Gomaringen, DE; Laermer, Franz, Dr., 70437  
Stuttgart, DE; Offenberg, Michael, Dr.-Ing. Dr., 72076  
Tübingen, DE; Schilp, Andrea, 73525 Schwäbisch  
Gmünd, DE

⑤④ Verfahren zur Herstellung von Strukturen, insbesondere für ein Mikrodosiersystem

⑤⑦ Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Herstellung von Strukturen, insbesondere von funktionalen Teilen eines Mikrodosiersystems, das wenigstens eine Mikropumpe und/oder ein Mikroventil und/oder einen Mikrodurchlaßmesser und/oder Fluidkanäle in einem Grundkörper aufweist. Es ist vorgesehen, daß die funktionalen Teile (48, 48, 58, 58, 50) als integrierte Elemente in dem Grundkörper, insbesondere in einem Siliciumwafer (10) strukturiert werden.



**DE 195 11 198 A 1**

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

BUNESDRUCKEREI 08. 98 802 040/142

8/28

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Herstellung von Strukturen, insbesondere für ein Mikrodosiersystem, nach dem Oberbegriff des Anspruchs 1.

#### Stand der Technik

Mikrodosiersysteme sind bekannt. Diese weisen als funktionale Teile beispielsweise Mikropumpen, Mikroventile, Mikrodurchflußmesser oder Fluidkanäle auf. Nach bekannten Herstellungsverfahren werden diese funktionalen Teile mittels mikromechanischer Verfahrensschritte erzeugt. So können beispielsweise mittels Laserverfahren mikromechanische Teile erzeugt werden, die dann zu den funktionalen Teilen des Mikrodosiersystems gefügt werden. Für die Ansteuerung derartiger mikromechanischer Dosiersysteme ist es bekannt, integrierte Schaltungen vorzusehen, die beispielsweise auf einem Siliciumwafer in bekannter Weise herstellbar sind. Diese integrierten Schaltungen werden anschließend mit dem Mikrodosiersystem vereinigt, beispielsweise zu einem gemeinsamen Bauelement gefügt. Hierbei ist nachteilig, daß einerseits eine Vielzahl von aufwendigen Verfahrensschritten notwendig ist, um ein funktionsfähiges Mikrodosiersystem zu erhalten und andererseits die Verfahrensschritte nicht ohne weiteres miteinander kompatibel sind, so daß nur eine getrennte Herstellung des Mikrodosiersystems und der notwendigen Ansteuerung möglich ist.

#### Vorteile der Erfindung

Das erfindungsgemäße Verfahren mit den im Anspruch 1 genannten Merkmalen bietet demgegenüber den Vorteil, daß komplette Strukturen, insbesondere für ein Mikrodosiersystem, mittels eines einzigen technologischen Verfahrensablaufs herstellbar sind. Dadurch, daß die funktionalen Teile als integrierte Elemente in dem Grundkörper, insbesondere in einem Siliciumwafer, strukturiert werden, ist ein aufwendiges Herstellen separater Teile, die das Mikrodosiersystem ergeben und deren nachfolgendes hochpräzises Fügen nicht mehr notwendig. In vorteilhafter Ausgestaltung der Erfindung ist vorgesehen, daß die die funktionalen Teile ergebenden Strukturen mittels allgemein bekannter Verfahrensschritte, die bei der Herstellung von integrierten Schaltungen Verwendung finden, in dem Siliciumwafer definiert werden. Hierdurch wird es in einfacher Weise möglich, die Strukturierung des Mikrodosiersystems in einen Verfahrensablauf zur Herstellung von integrierten Schaltungen, die beispielsweise gleichzeitig eine Ansteuerung des Mikrodosiersystems ermöglichen, zu integrieren. Hierdurch ist es vorteilhaft möglich, gleichzeitig auf einem einzigen Siliciumwafer sowohl das Mikrodosiersystem zu strukturieren als auch die integrierten Schaltungen zu definieren. Somit ist in einem einfach beherrschbaren Verfahrensablauf ein komplettes System erzielbar, das ohne zusätzliche, hochpräzise Fügeverfahren und für die Herstellung von integrierten Schaltungen artfremden und damit nicht kompatiblen Verfahren herstellbar ist. Durch die unmittelbar aneinandergekoppelte Herstellung eines Mikrodosiersystems und von integrierten Schaltungen kann insgesamt ein extrem kleiner Bauraum benötigendes Bauelement geschaffen werden.

Weitere vorteilhafte Ausgestaltungen der Erfindung ergeben sich aus den übrigen in den Unteransprüchen

#### Zeichnung

Die Erfindung wird nachfolgend in Ausführungsbeispielen anhand der zugehörigen Zeichnungen näher erläutert. Es zeigen:

Fig. 1 eine schematische Schnittdarstellung durch ein strukturiertes Mikrodosiersystem;

Fig. 2 eine schematische Schnittdarstellung durch ein Mikrodosiersystem in einem nächsten Verfahrensschritt;

Fig. 3 eine schematische Schnittdarstellung durch ein fertig hergestelltes Mikrodosiersystem in einer ersten Ausführungsvariante und

Fig. 4 eine schematische Schnittdarstellung durch ein Mikrodosiersystem in einer zweiten Ausführungsvariante.

#### Beschreibung der Ausführungsbeispiele

Die Fig. 1 zeigt einen allgemein mit 10 bezeichneten Siliciumwafer. Der Siliciumwafer 10 besitzt verschiedene Strukturbereiche, deren Entstehen und Funktion nachfolgend erläutert wird. Der Siliciumwafer 10 besteht aus einem p-Substrat 12, auf dem eine  $n^-$ -Schicht 14 aufgebracht ist. Im Übergangsbereich zwischen dem Substrat 12 und der Schicht 14 ist ein sogenannter vergrabener Oxidbereich 16 vorgesehen, der von einem Bereich 18 mit einer  $n^+$ -Dotierung umgeben ist. Von dem Bereich 18 führt ein weiterer Bereich 20 durch die Schicht 14, der ebenfalls eine  $n^+$ -Dotierung aufweist. Der Bereich 20 verbindet den Bereich 18 mit einer Oberfläche 22 des Siliciumwafers 10. Über dem Oxidbereich 16 ist ein Bereich 24 angeordnet, der an seiner dem Oxidbereich 16 zugewandten Seite einen Bereich 26 mit einer  $p^+$ -Dotierung aufweist. Der Bereich 24 ist in der Schicht 14 eingebettet und bildet eine Verbindung zwischen dem Oxidbereich 16 und der Oberfläche 22 des Siliciumwafers 10. Die Schicht 14 besteht hierbei aus einem einkristallinen Silicium-Material, während der Bereich 24 aus einem polykristallinen Silicium-Material besteht. Der Siliciumwafer 10 besitzt weiterhin in seinem p-Substrat 12 einen Bereich 28, der eine  $p^+$ -Dotierung aufweist.

Wenn die Kontaktierung von der Vorderseite erfolgt, unterbleibt diese  $p^+$ -Dotierung der Rückseite.

Die in der Fig. 1 genannten Abschnitte beziehungsweise Bereiche des Siliciumwafers 10 können mit an sich bekannten und üblichen Verfahrensschritten zur Herstellung von integrierten Schaltungen auf Siliciumwafern erzeugt werden. So kann beispielsweise auf das p-Substrat 12 ein Maskenoxid aufgebracht werden, das für die  $n^+$ -Implantation des Bereiches 18 genutzt wird. Dieses Maskenoxid verbleibt im Bereich des Oxidbereiches 16 auf dem Wafer 12, nachdem die  $n^+$ -Implantation des Bereiches 18 abgeschlossen ist. Eine weitere Möglichkeit besteht darin, den Oxidbereich 16 nach der Dotierung des Bereiches 18 durch einen Reoxidationsprozeß aufzuwachsen. Über dem Oxidbereich 16 kann dann der polykristalline Bereich 24 abgeschieden werden. Eine weitere Möglichkeit besteht darin, auf dem Substrat 12 ein Polysilicium abzuscheiden, das den späteren Bereich 26 und den späteren Oxidbereich 16 ergibt. Der Oxidbereich 16 wird dann nach Beendigung der Polysiliciumabscheidung mit derselben Maske strukturiert, die für die Abscheidung des Polysiliciums im Bereich 26 verwendet wurde. Es kann auch das Poly-

Silicium selbst als Maske für den SiO<sub>2</sub>-Strukturierungsprozeß im Sinne einer Selbstjustierung verwendet werden. Anschließend kann mit einem bekannten Epitaxie-Prozeß die Schicht 14 auf das Substrat 12 aufgewachsen werden, wobei über dem einkristallinen Substrat 12 einkristallines Siliciummaterial und den über dem Oxidbereich 16 vorhandenen Bereich 26 mit polykristallinem Silicium polykristallines Siliciummaterial aufwächst. Hierdurch entsteht eine annähernd planare Oberfläche 22 des Siliciumwafers 10, wobei innerhalb der einkristallinen Schicht 14 der polykristalline Bereich 24 strukturierbar ist. In den mittels der Epitaxie aufgewachsenen Schicht 14 wird anschließend eine n<sup>+</sup>-Implantation des Bereiches 20 durchgeführt.

Die hier genannten Verfahrensschritte zur Erzeugung des in Fig. 1 dargestellten Siliciumwafers 10 sind lediglich beispielhaft und sollen verdeutlichen, daß mittels der allgemeinen bekannten Verfahren zum Strukturieren von Wafern für die Erzeugung von integrierten Schaltungen Strukturen für Mikrodosiersysteme in Siliciumwafern angelegt werden können. So sind selbstverständlich auch anders gewählte Dotierungen der einzelnen Bereiche und eine geänderte Abfolge der Dotierung beziehungsweise des Aufwachsens der einzelnen Bereiche möglich. Im Rahmen der folgenden Beschreibung soll jedoch auf die Erzeugung der in Fig. 1 erkennbaren Bereiche nicht näher eingegangen werden, da diese aus der Erstellung von integrierten Schaltungen allgemein bekannt sind. Es liegt jedoch im Sinne der Erfindung, wenn gleichzeitig auf einem Siliciumwafer 10 mit parallel, das heißt, zeitgleich ablaufenden Verfahrensschritten und/oder aufeinander folgenden Verfahrensschritten gleichzeitig Strukturen für integrierte Schaltungen und Strukturen für Mikrodosiersysteme geschaffen werden. Somit ist es also möglich, daß der in Fig. 1 gezeigte Siliciumwafer 10 neben der hier dargestellten Struktur für ein Mikrodosiersystem gleichzeitig integrierte Schaltungen aufweist.

Der Siliciumwafer 10 wird von seiner Rückseite 30 her mit einer Maskierung 32 versehen. Die Maskierung 32 ist so gelegt, daß eine Justierung in bezug auf den Oxidbereich 16 erfolgt. Zur Justierung der Maskierung 32 kann ebenfalls die zur Erzeugung des polykristallinen Bereiches 24 benutzte Maske als Bezugspunkt gewählt werden.

In einem nächsten Verfahrensschritt wird der Siliciumwafer 10 über die Maskierung 32 mit einer alkalischen Ätzlösung beaufschlagt. Durch die alkalische Ätzlösung, die beispielsweise eine heiße Kalilauge (KOH), TMAHW oder EDP sein kann, wird von der Rückseite 30 in den Wafer 12 ein V-förmiges Loch 34 geätzt. Die Begrenzung 36 des Lochs 34 wird durch eine Kristallebene des Substrats 12 bestimmt. Der naßchemische Ätzvorgang schreitet solange voran, bis die Spitze des sich V-förmig erstreckenden Lochs 34 den Oxidbereich 16 erreicht hat. Über die Wahl der Größe der Maskierung 32 in bezug auf die Größe des Oxidbereiches 16 kann der Verlauf der Begrenzungen 36 eingestellt werden, da diese sich an den Kristallebenen des Substrates 12 orientieren. Letztlich ergibt sich der in Fig. 1 gezeigte, etwa kegelstumpfförmige Aufbau des Lochs 34, wobei der Kegelstumpf von vier flächenhaft verlaufenden Begrenzungen 36 gebildet wird. Während des naßchemischen Ätzens des Lochs 34 wird der Siliciumwafer 10 an seiner Oberfläche 22 gegen die alkalische Ätzlösung geschützt, indem der Siliciumwafer 10 beispielsweise in eine entsprechende Ätzdose eingebracht wird.

Nachdem das Loch 34 naßchemisch geätzt wurde,

wird der Siliciumwafer 10 von seiner Rückseite 30 her mit einem Elektrolyten, beispielsweise mit wäßriger Flußsäure oder einem Gemisch von wäßriger Flußsäure und Alkohol, zum Beispiel Ethanol oder Isopropanol, in Kontakt gebracht. Durch das eingeätzte Loch 34 gelangt der Elektrolyt in Kontakt mit dem Oxidbereich 16, der aufgrund des Flußsäuregehaltes des Elektrolyten herausgeätzt wird. Die Elektrolytflüssigkeit steht somit nach dem Herausätzen des Oxidbereiches 16 direkt mit dem Bereich 18 in Kontakt. Über eine hier angedeutete Elektrode 38 wird ein gegenüber dem Elektrolyt anodisches Potential an die miteinander verbundenen Bereiche 18 und 20 gelegt. Aufgrund der n<sup>+</sup>-Implantierung der Bereiche 18 und 20 fließt somit zwischen dem Elektrolyt und der Elektrode 38 ein Anodisierungsstrom, der dazu führt, daß der flußsäurehaltige Elektrolyt die Bereiche 18 und 20 in poröses Silicium verwandelt. Dieser Vorgang endet, wenn die durch die Bereiche 18 und 20 fortschreitende Anodisierungsfront die Elektrode 38 erreicht hat. Das Erreichen der Anodisierungsfront an der Elektrode 38 kann durch eine charakteristische Veränderung des Anodisierungsstroms detektiert werden. Die Umwandlung in poröses Silicium erfolgt selektiv ausschließlich in den n<sup>+</sup>-dotierten Bereichen 18 und 20. Diese Selektivität ist darin begründet, daß die die Bereiche 18 und 20 umgebende Schicht 14 eine n<sup>-</sup>-Dotierung aufweist und somit über das an die Elektrode 38 angelegte anodische Potential nicht anodisiert wird. Das p-Substrat 12 ist unabhängig von seiner Dotierung aufgrund gesperrter pn-Übergänge elektrisch nicht an die Bereiche 18 und 20 angeschlossen, so daß hier ebenfalls eine hohe Selektivität gegeben ist. Gleiches gilt für den Bereich 26. Dieser kann zusätzlich mit einer p<sup>+</sup>-Dotierung versehen sein, um ein zu starkes Eindiffundieren von n-Dotierstoffen aus den benachbarten n<sup>+</sup>-Bereichen 18 in das polykristalline Silicium-Material des Bereiches 24 zu verhindern. Die p<sup>+</sup>-Dotierung des Bereiches 26 bildet eine p-Gegendiffusion, so daß die effektive Dotierung im Grenzbereich zwischen dem Bereich 24 und dem Bereich 18, also zwischen einem polykristallinen und einem einkristallinen Material niedrig-p beziehungsweise niedrig-n ist. Insgesamt ist somit also ein hochselektives Anlegen eines anodischen Potentials an die Bereiche 18 und 20 möglich, die — wie bereits erwähnt — mittels des flußsäurehaltigen Elektrolyts in poröses Silicium umgewandelt werden. Während der Beaufschlagung des Siliciumwafers 10 mit dem flußsäurehaltigen Elektrolyt wird die Oberfläche 22 und die Elektrode 38 gegen dieses geschützt, beispielsweise durch eine Ätzdose.

In einem nächsten Verfahrensschritt wird das selektiv erzeugte, poröse Silicium innerhalb der Bereiche 18 und 20 in einem zweiten Ätzschritt selektiv entfernt. Hierzu wird der Siliciumwafer 10 mit einer Ätzlösung, beispielsweise einem Gemisch aus wäßriger Flußsäure und Salpetersäure (HNO<sub>3</sub>) oder einer alkalischen Ätzlösung, wie beispielsweise Kalilauge (KOH), Natronlauge (NaOH), TMAHW beaufschlagt. Dieser zweite Ätzschritt erfolgt mit einer jeweils stark verdünnten Ätzlösung und vorzugsweise bei Raumtemperatur. Durch die Ätzlösung wird das poröse Silicium in den Bereichen 18 und 20 aufgelöst, so daß sich die in der Fig. 2 dargestellten Kanalstrukturen 40 ergeben. Die zur Anodisierung verwendete Elektrode 38 kann bei diesem Ätzschritt mit entfernt werden, so daß die sich ergebende Kanalstruktur 40 an der Oberfläche 22 des Siliciumwafers 10 offen ist. Somit bildet sich letztendlich, wie in Fig. 2 gezeigt, eine durchgehende Verbindung zwischen der Oberflä-

che 22 und der Rückseite 30 des Siliciumwafers 10 aus, die von den Kanalstrukturen 40, dem Loch 34 und dem ehemals vorhandenen Oxidbereich 16 gebildet wird. An der Verbindungsstelle 42 zwischen dem Loch 34 und der Kanalstruktur 40, die von dem ehemaligen Oxidbereich 16 gebildet wird, ragt der Bereich 24 als Stempel 44 in die durchgehende Verbindung hinein. Durch Verschieben des Stempels 44 — wie noch erläutert wird — in Richtung des Lochs 34 kann somit die Verbindungsstelle 42 geschlossen werden, so daß eine durchgehende Verbindung zwischen der Kanal Struktur 40 und dem Loch 34 unterbrochen ist. Die in Fig. 2 gezeigte Anordnung innerhalb des Siliciumwafers 10 stellt somit ein Mikroventil 46 dar.

Nach einer weiteren Ausführungsvariante erfolgt das Umwandeln der Bereiche 18 und 20 in poröses Silicium dadurch, daß der gesamte Siliciumwafer 10 in ein Elektrolyt gegeben wird, das wiederum eine wäßrige Flußsäure beziehungsweise ein Gemisch von wäßriger Flußsäure und Alkohol sein kann. Die Rückseite 30 steht hierbei im Elektrolyten der Anode gegenüber, während die Oberfläche 22 der Kathode gegenübersteht. Die Oberfläche 22 ist somit gegenüber der Kathode anodisch gepolt. Um die Schottky-Barriere vom Elektrolyten zur Rückseite 30 des Siliciumwafers 10 zu überwinden, weist diese in dieser Prozeßvariante Bereich 28 mit einer  $p^+$ -Dotierung auf. Somit wird erreicht, daß der durch den Elektrolyten fließende elektrische Strom zwischen der Anode und der Kathode gleichzeitig durch den Siliciumwafer 10 fließt, ohne daß dieser direkt kontaktiert werden muß. Hierdurch ergibt sich der Vorteil, daß der Siliciumwafer 10 ohne zusätzliche Kontaktierungsmittel, wie beispielsweise die Elektrode 38, in einfacher Weise in den Elektrolyten eingebracht werden kann. Zum Schutz der Oberfläche 22 des Siliciumwafers 10 kann diese mit einer geeigneten Passivierung, beispielsweise mit einer gegenüber der wäßrigen Flußsäure beziehungsweise dem Gemisch der wäßrigen Flußsäure und Alkohol, beständigen SiC-Beschichtung versehen sein. Die Elektroden bestehen vorteilhafterweise aus Platin- oder Paladiumblechen, die gegenüber der Flußsäure beständig sind.

Bei dieser Verfahrensvariante ist ebenfalls eine Anodisierung der Bereiche 18 und 20 mit hoher Selektivität möglich. Diese hohe Selektivität beruht auf einer sehr geringen Anodisierungsrate von niedrig-dotierten Gebieten des Siliciumwafers 10. Dies gilt für den Übergang der  $n^+$ -implantierten Bereiche 18 und 20 zu der niedrig-dotierten Schicht 14. Die Selektivität zum  $p$ -Substrat 12, über das die  $n^+$ -dotierten Bereiche 18 und 20 elektrisch angeschlossen sind, ergibt sich durch Dotierungsausläufer niedriger  $n$ -Konzentration von den  $n^+$ -Bereichen 18 und 20 zu dem  $p$ -Substrat 12. Hierbei ist ein nicht zu hoher Potentialunterschied zwischen dem  $p$ -Substrat 12 und dem  $n^+$ -Bereich 18 und 20 wünschenswert. Eine relativ hohe Selektivität wird erhalten, wenn das Potential des  $p$ -Substrates 12 gerade um den Wert der  $pn$ -Flußspannung von 0,5 bis 0,6 V über dem Kathodenpotential, und nicht höher, liegt. Die Selektivität im Bereich 24 ergibt sich dadurch, daß der  $p^+$ -dotierte "Stempel" Bereich 26 innerhalb des polykristallinen Silicium-Materials des Bereiches 24 keine direkte Verbindung zu dem  $p$ -Substrat 12 besitzt und von der  $n^-$ -dotierten Schicht 14 aufgrund gesperrter  $pn$ -Übergänge elektrisch nicht angeschlossen ist.

Insgesamt kann somit mit den bekannten Verfahren der Strukturierung von Siliciumwafer, wie diese aus dem Herstellungsprozeß von integrierten Schaltungen

bekannt sind und speziell abgestimmten Verfahrensabläufen der Anodisierung beziehungsweise des Ätzens in einem Siliciumwafer jedes beliebige Element eines Mikrodosiersystems geschaffen werden. Insbesondere lassen sich verdeckte Fluidkanäle 40 erzeugen, deren geometrische Ausdehnung, das heißt, deren Länge und deren Querschnitt, frei wählbar ist.

In den Fig. 3 und 4 sind beispielhaft mögliche Anwendungen von Mikrodosiersystemen dargestellt, die mittels des erfindungsgemäßen Verfahrens herstellbar sind. Gleiche Teile wie in Fig. 1 und 2 sind trotz des teilweise unterschiedlichen Aufbaus zur besseren Verdeutlichung mit gleichen Bezugszeichen versehen. Fig. 3 zeigt eine Schnittdarstellung durch einen Siliciumwafer 10, der einen Einlaß 46, einen Kanal 48 sowie einen Auslaß 50 aufweist. Der Einlaß 46 und der Kanal 48 sind von den in Fig. 1 mit 18 und 20 bezeichneten Bereichen gebildet, die auf erfindungsgemäße Weise selektiv herausgelöst wurden, so daß die Kanalstruktur 40 entsteht. Der Auslaß 50 wird von dem Loch 34 gebildet. Das Loch 34 ist mittels des Stempels 44 verschließbar, der in den Kanal 48 hineinragt und in der Schicht 14 gehalten ist. Die Schicht 14 weist strukturierte Bereiche 52 auf, die beispielsweise eine  $p^+$ -Dotierung besitzen. Über den Bereich 52 sind Metall-Kontakte 54 angeordnet, wobei das Metall zusammen mit dem Silicium ein bimorphes System darstellt, das bei Temperaturänderung zu einer Stellbewegung führt. Weiterhin ist oberhalb des Kanals 48 auf der Schicht 14 ein an sich bekannter Durchflusssensor 56 angeordnet. Der sich ergebende Zwischenraum zwischen dem Substrat 12 und dem Stempel 44, also die in Fig. 2 mit 42 bezeichnete Verbindungsstelle, ergibt sich durch den als Opferschicht wirkenden Oxidbereich 16. Die Funktion des auf dem Siliciumwafer 10 strukturierten Mikrodosiersystems ist folgende. Der Einlaß 46 ist dichtend mit einem nicht dargestellten Fluidzuführkanal verbunden. Das Fluid gelangt über den Einlaß 46 und den Kanal 48 sowie die Verbindungsstelle 42 in den Auslaß 50. An den Auslaß 50 ist eine ebenfalls nicht dargestellte Fluidverbindung dichtend angeschlossen. Mittels des Durchflusssensors 56 wird die Fluidmenge, die den Kanal 48 passiert, gemessen. Soll die Durchflußmenge verändert werden, kann über die Elektroden 54 und die Bereiche 52, die als Heizwiderstände wirken, eine Betätigung des Stempels 44 erfolgen, so daß das Ventil 46 öffnet oder schließt. Mittels der Heizwiderstände wird die Schicht 14 über dem Kanal 48 im Bereich des Ventils 46 erwärmt, so daß es zu einer Ausdehnung kommt, über die eine elektrothermische Betätigung des Stempels 44 und damit des Ventils 46 realisierbar ist. Sobald der Stempel 44 auf dem Substrat 12 aufliegt, das heißt, die Verbindungsstelle 42 geschlossen ist, ist gleichzeitig das Ventil 46 geschlossen, so daß ein Durchfluß durch das Mikrodosiersystem gestoppt ist. Der Stempel 44 bildet somit mit dem Substrat 12 einen Ventilsitz aus.

In der Fig. 4 ist eine weitere Möglichkeit der Herstellung eines Mikrodosiersystems mit dem erfindungsgemäßen Verfahren dargestellt. Gleiche Teile sind wiederum mit gleichen Bezugszeichen versehen. In dem hier gezeigten Mikrodosiersystem wird lediglich der Einlaß 46 und der Kanal 48 strukturiert. Der Kanal 48 ist somit zwischen dem Substrat 12 und der Schicht 14 angeordnet und endet in einer Kammer 58. Die Größe der Kammer 58 ist beliebig wählbar und wird durch den in Fig. 1 mit 18 bezeichneten Bereich definiert. Es kann somit in einfacher Weise ein von der Schicht 14 überspannter Hohlraum, das heißt, die Kammer 58 geschaffen wer-

den, die von dem Substrat 12 und der Schicht 14 begrenzt ist. Die Schicht 14 weist oberhalb der Kammer 58 wiederum p<sup>+</sup>-dotierte Bereiche 52, die mit einer Elektrode 54 kontaktiert sind, auf. Bei dem hier gezeigten Mikrodosiersystem wirkt die Kammer 58 als Pumpkammer. Mittels der Heizwiderstände kann das Bimorph 14, 54 oberhalb der Pumpkammer 58 erwärmt werden, so daß diese sich ausdehnt oder, bei Abkühlung, zusammenzieht. Hierdurch wird das Volumen der Pumpkammer 58 verändert, so daß in Abhängigkeit eines mit dem Durchflußmesser 56 in dem Kanal 48 gemessenen Fluid- durchflusses ein Ansaugen beziehungsweise Wegpumpen eines Fluids möglich wird.

Die in den Fig. 3 und 4 gezeigten Varianten sind lediglich beispielhaft. So kann mittels des anhand der Fig. 1 und 2 erläuterten erfindungsgemäßen Verfahrens in einem Substrat jedes beliebige Mikrodosiersystem, das sowohl Fluidkanäle und/oder Ventile und/oder Pumpen und/oder Durchflußmesser und/oder weitere Elemente aufweist, erzeugt werden. Insbesondere ist eine Kombination mit auf den Wafern vorgesehenen integrierten Schaltungen in einfacher Weise möglich. Selbstverständlich können mit dem erfindungsgemäßen Verfahren auch Strukturen geschaffen werden, die irgendwelche Durchbrüche, Öffnungen, Kanäle usw. bilden, und die nicht Bestandteil eines Mikrodosiersystems sind.

#### Patentansprüche

1. Verfahren zur Herstellung von Strukturen, insbesondere von funktionalen Teilen eines Mikrodosiersystems, das wenigstens eine Mikropumpe und/oder ein Mikroventil und/oder einen Mikrodurchflußmesser und/oder Fluidkanäle in einem Grundkörper aufweist, dadurch gekennzeichnet, daß die funktionalen Teile (46, 48, 50, 54, 58, 56,) als integrierte Elemente in dem Grundkörper, insbesondere in einem Siliciumwafer (10), strukturiert werden.
2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Teile (46, 48, 50, 54, 56, 58) ergebenden Strukturen (16, 18, 20, 24) in den Siliciumwafer (10) mittels Verfahren der Herstellung integrierter Schaltkreise definiert werden.
3. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß auf dem Siliciumwafer (10) gleichzeitig Strukturen für integrierte Schaltkreise und die Strukturen (16, 18, 20, 24) für das Mikrodosiersystem erzeugt werden.
4. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Strukturen (16, 18, 20, 24) für das Mikrodosiersystem durch eine selektive Dotierung definiert werden.
5. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Strukturen (16, 18, 20) selektiv aus dem Siliciumwafer (10) entfernt werden.
6. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß in den Siliciumwafer (10) ein definiertes Loch (34) naßchemisch eingätzt wird, das eine äußere Verbindung mit der Struktur (Oxidbereich 16) herstellt.
7. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß der Oxidbereich (16) mittels einer das Loch (43) durchdringenden Ätzlösung selektiv entfernt wird.
8. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Strukturen (18, 20) für das Mikrodosiersystem nach ihrer

selektiven Dotierung selektiv mit einem anodischen Potential beaufschlagt werden.

9. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Ätzlösung zum Entfernen des Oxidbereiches (16) gleichzeitig als Elektrolyt für die Beaufschlagung der Strukturen (18, 20) mit dem anodischen Potential verwendet wird.

10. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß mittels des Elektrolyten die Strukturen (18, 20) in poröses Silicium verwandelt werden.

11. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß das poröse Silicium selektiv entfernt, insbesondere naßchemisch ausgeätzt wird.

12. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß das selektive Beaufschlagen der Strukturen (18, 20) mit dem anodischen Potential durch das Elektrolyt und eine Elektrode (18) erfolgt.

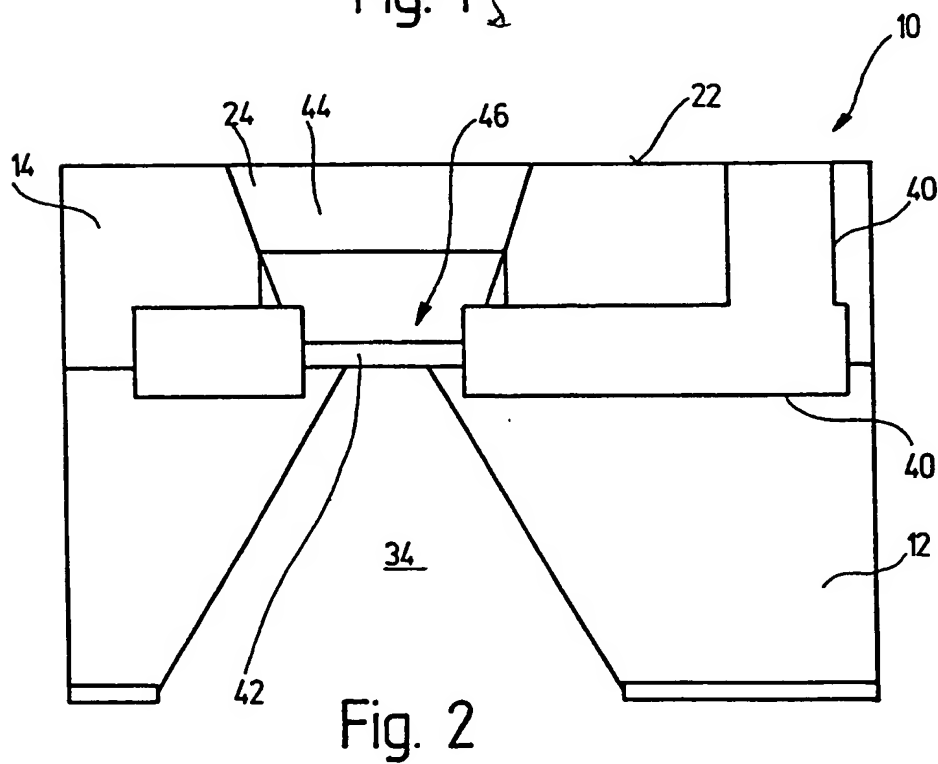
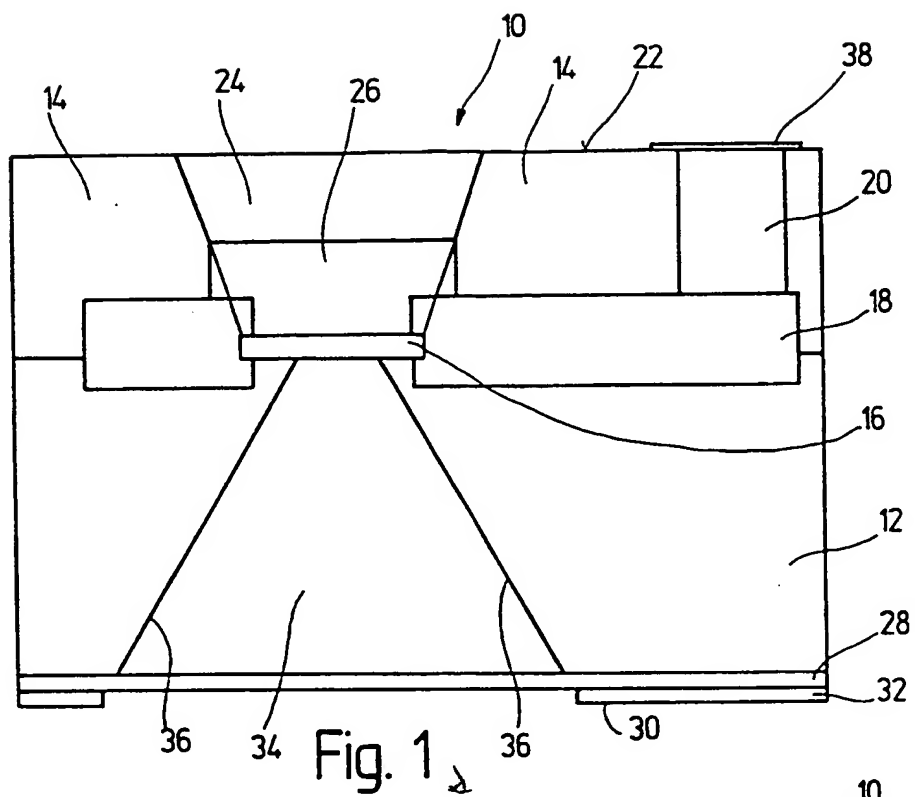
13. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß das selektive Beaufschlagen der Strukturen (18, 20) mit dem anodischen Potential durch Einbringen des Siliciumwafers (10) in das Elektrolyt und die elektrische Ankopplung über das Substrat (12) des Siliciumwafers (10) erfolgt.

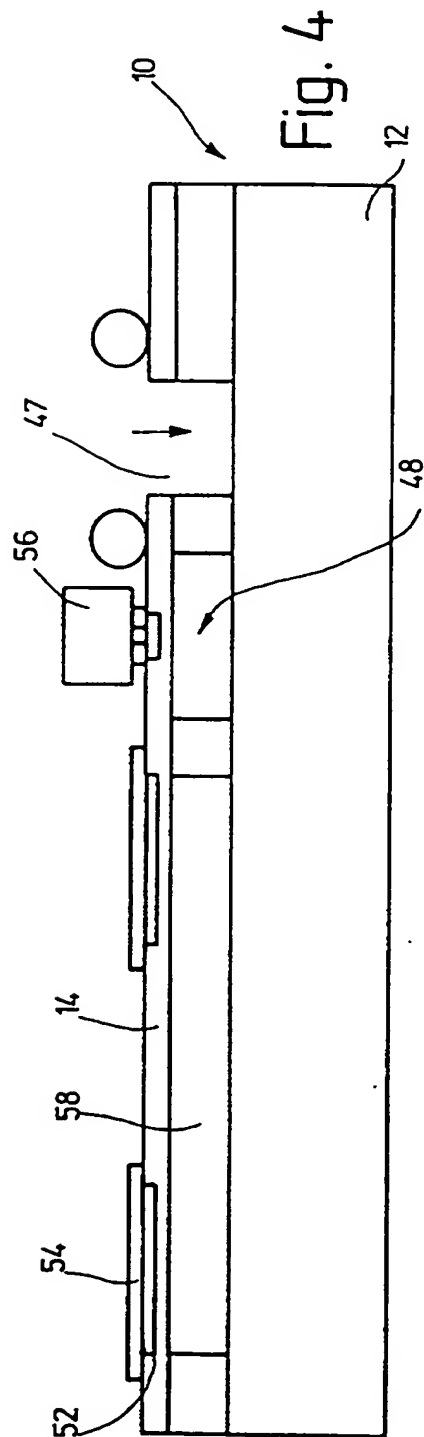
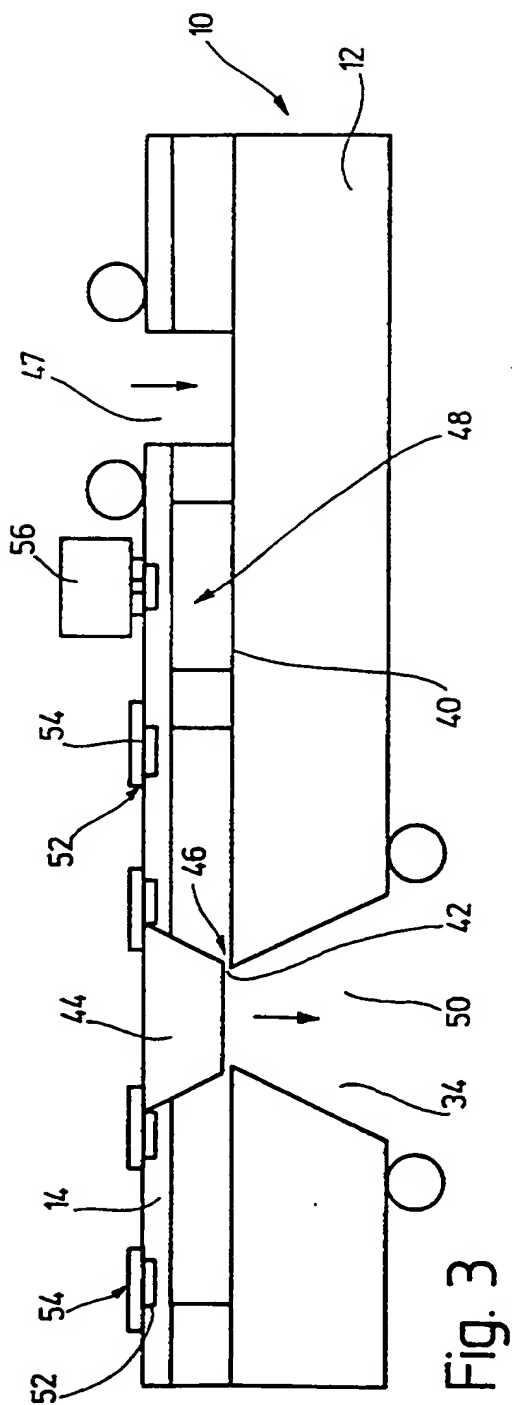
---

Hierzu 2 Seite(n) Zeichnungen

---

- Leerseite -





This Page is inserted by IFW Indexing and Scanning Operations and is not part of the Official Record

## BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☒ BLACK BORDERS
- ☒ IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- ☐ FADED TEXT OR DRAWING
- ☐ BLURED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING
- ☐ SKEWED/SLANTED IMAGES
- ☒ COLORED OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS
- ☐ GRAY SCALE DOCUMENTS
- ☒ LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT
- ☐ REPERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY
- ☐ OTHER: \_\_\_\_\_

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning documents *will not* correct images problems checked, please do not report the problems to the IFW Image Problem Mailbox**

**This Page Blank (uspto)**